

AL

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift DE 44 29 684 A 1

⑤ Int. Cl. 8:  
B 23 K 20/10

⑳ Aktenzeichen: P 44 29 684.3  
㉑ Anmeldetag: 22. 8. 94  
㉒ Offenlegungstag: 29. 2. 96

DE 44 29 684 A 1

㉓ Anmelder:

Schunk Ultraschalltechnik GmbH, 35435  
Wettenberg, DE

㉔ Vertreter:

Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
63450 Hanau

㉕ Erfinder:

Wagenbach, Udo, 35418 Buseck, DE; Thoms, Enno,  
35435 Wettenberg, DE; Stroh, Dieter, 35435  
Wettenberg, DE

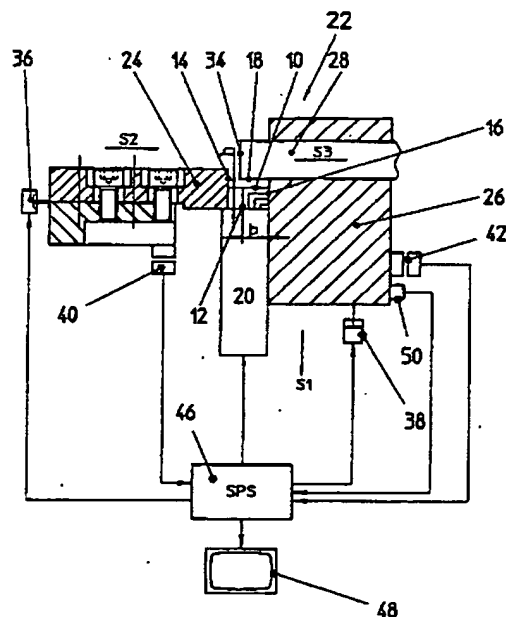
㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 42 08 584 C2  
DE 41 28 858 C1  
DE 34 37 749 C2  
DE 41 29 633 A1  
DE 39 21 653 A1  
DE 35 29 943 A1

DORN, Lutz, u.a.: Parameteroptimierung beim  
Ultraschallwärmeschweißen von Aluminiumdrähten  
in der Mikroelektronik. In: Schweißen und  
Schneiden 40, 1988, H.3, S.141-145;  
GRAUER, H.: Ultraschallschweißen von  
Thermoplasten. In: Schweißtechnik 7/93, S.98-102;

㉗ Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Schweißen von elektrischen Leitern

㉘ Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Kompaktieren und anschließendem Verschweißen von elektrischen Leitern mittels Ultraschall in einem Verdichtungsraum (10). Nach dem Kompaktieren der Leiter wird eine für die Kompaktierung typische Größe gemessen oder aus Meßwerten bestimmt und mittels Grenzwerten überprüft. Bei unzulässigen Werten der Größe wird das Verfahren zur Herstellung verschweißter Leiter abgebrochen. Ist der Wert der Größe zulässig, wird ein neuer Sollwert für die Kompaktierung aus Werten vorangegangener Herstellungsschritte bestimmt. Auf dem neuen Sollwert sind die Grenzwerte bezogen. Danach wird das Verfahren fortgesetzt und die Schweißung durchgeführt. Anschließend wird ein für die Schweißung charakteristischer Wert bestimmt. Die Bestimmung und Auswertung dieses Wertes geschieht in gleicher Weise wie bei dem Wert für die Kompaktierung.



DE 44 29 684 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 88 508 089/43

11/28

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern, insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- oder Endknoten von Litzen mittels Ultraschall in einem an die Leiter anpaßbaren Verdichtungsraum, wobei die zu verschweißenden Leiter zunächst kompaktiert und sodann verschweißt werden.

Zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern, insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- und Endknoten von Litzen, werden Ultraschallschweißvorrichtungen eingesetzt, die Sonotroden für die Erzeugung von Ultraschallschwingungen aufweisen. Ein Abschnitt der jeweiligen Sonotrode bildet eine erste seitliche Begrenzungsfläche eines z. B. in Höhe und Breite verstellbaren, stirnseitig offenen Verdichtungsraums. Die anderen Begrenzungsflächen des Verdichtungsraums können Abschnitte einer mehrteiligen Gegenelektrode sein. Beispiele für Ultraschallschweißvorrichtungen sind unter den Bezeichnungen RK 2000 oder Minic Automatic der Schunk Ultraschalltechnik GmbH, Wettenberg, Bundesrepublik Deutschland, angebotene Geräte.

Um den heutigen Anforderungen zu genügen, muß sichergestellt sein, daß Materialänderungen bzw. ein Wechsel von der Ultraschallschweißvorrichtung bedienenden Personen einen Einfluß auf die verschweißten Endprodukte nicht zeigen.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art dahingehend weiterzuentwickeln, daß aus während der für die Erzeugung verschweißter elektrischer Leiter ablaufenden Arbeitsgänge gewonnenen Parametern, die für die Eigenschaften der hergestellten Produkte maßgebend sind, automatisch sichergestellt werden kann, daß die verschweißten Produkte innerhalb zulässiger enger Fertigungstoleranzen liegen.

Das Problem wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß nach der Kompaktierung der Leiter ein die Größe der Kompaktierung angegebender Wert gemessen oder aus Meßwerten bestimmt und wenigstens mit einem vorgegebenen oberen und einem unteren, auf einen Sollwert bezogenen Grenzwert verglichen wird, daß bei einem Wert, der außerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs liegt, die Schweißung nicht ausgeführt und bei einem Wert, der innerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs liegt, der Wert mit bei vorherigen Arbeitsgängen bestimmten Werten zu einem neuen Sollwert für die Überprüfung nachfolgender Kompaktierarbeitsgänge verrechnet wird und die Schweißung ausgeführt wird und/oder daß ein bei oder nach Beendigung der Schweißung vorhandener Wert wenigstens einer für den Schweißvorgang maßgeblichen Größe gemessen oder aus Meßwerten bestimmt und wenigstens mit einem oberen und unteren, auf einen Sollwert bezogenen Grenzwert verglichen wird und daß bei einem außerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs liegenden Wert ein Fehler angezeigt und bei einem innerhalb dieses Bereichs liegenden Wert dieser mit bei vorherigen Arbeitsgängen bestimmten Werten zu einem neuen Sollwert für die Überprüfung nachfolgender Schweißarbeitsgänge verrechnet wird. Mit diesem Verfahren werden die Sollwerte, mit denen die Arbeitsweise der Ultraschallschweißvorrichtung während des Ablaufs des Herstellungsverfahrens geprüft wird, mittels der wäh-

rend aufeinanderfolgender Herstellungsarbeitsgänge oder -prozesse gemessener Ist-Werte fortlaufend den jeweiligen Gegebenheiten angepaßt. Hierdurch ist erstmalig die Möglichkeit gegeben, daß die für das Kompaktieren, bzw. Schweißen charakteristischen Parameter dynamisch an das vorausgegangene Verdichten bzw. Schweißen angepaßt werden. Somit erfolgt eine weitere Verbesserung der Fertigungstoleranzen aufgrund einer dynamischen Sollwertanpassung. Ferner kann hierdurch eine dynamische Anpassung an die tatsächliche Prozeßstreuung vorgenommen werden.

Auf diese Weise werden gleichmäßige Schweißergebnisse erzielt. Weiterhin wird verhindert, daß bei Abweichungen von notwendigen Herstellungsbedingungen Produkte erzeugt bzw. nicht als fehlerhaft erkannt werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die Leiter während der Kompaktierung mit Ultraschall beaufschlagt. Die Stärke dieser Ultraschallbeaufschlagung ist geringer als die für die Verschweißung der Leiter notwendige Stärke. Die zusätzliche Ultraschallbehandlung während der Kompaktierung bewirkt, daß die Leiter stärker kompaktiert werden, was für die nachfolgende Messung und Schweißung besonders günstig ist.

Mit anderen Worten wird durch einen sogenannten Ultraschallvorimpuls bzw. eine Vorimpulsfolge eine Vergleichmäßigung des Kompaktierens erreicht.

Die Ultraschallbehandlung der Leiter während des Kompaktierens hat eigenständigen erfinderischen Gehalt, da sich auch ohne die oben beschriebene Sollwertanpassung zu einer Verbesserung bei der nachfolgenden Verschweißung führt.

Als Größe, die den Schweißvorgang maßgeblich beeinflusst, kann der Querschnitt des Verdichtungsraums ausgewählt werden, der von den Leitern bei oder nach Beendigung des Schweißarbeitsgangs eingenommen bzw. ausgefüllt wird. Insbesondere ist jedoch die Höhe oder die Breite des Verdichtungsraums als maßgebender Parameter auszuwählen.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden jeweils der bei oder nach Beendigung der Kompaktierung gemessene oder aus Meßwerten bestimmte Wert und/oder der bei oder nach Beendigung der Schweißung gemessene oder aus Meßwerten bestimmte Wert des Schweißmaßes je mit einem fest vorgegebenen oberen und unteren Grenzwert und mit einem weiteren oberen und unteren Grenzwert verglichen, der sich jeweils aus dem für den jeweiligen Arbeitsgang des Herstellungsprozesses berechneten Sollwert für die Kompaktierung bzw. Schweißung zuzüglich eines zulässigen positiven oder negativen Toleranzwertes zusammensetzt. Die fest vorgegebenen Grenzwerte, die im folgenden auch als äußere Grenzwerte bezeichnet werden, werden beim Einrichten der für die Durchführung des Verfahrens vorgesehenen Ultraschallschweißvorrichtung bestimmt und gespeichert. Die mit Hilfe der Sollwerte gebildeten Grenzwerte, die im folgenden auch als innere Grenzwerte bezeichnet werden, erlauben es, geringe Abweichungen zwischen aufeinanderfolgenden Herstellungsabläufen zu erfassen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf Tendenzen ziehen, die material- oder vorrichtungsbedingt sind und die Qualität in unerwünschter Weise beeinflussen. Es lassen sich z. B. Langzeiteinflüsse verfolgen, wodurch vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung eines Vorrichtungsausfalls bzw. zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Produktqualität getroffen werden können.

Insbesondere lassen sich jedoch durch das erfin-

dungsgemäße Verfahren bereits kleine Fehler sicher erkennen.

Vorzugsweise werden die Sollwerte als arithmetische Mittelwerte aus mehreren Werten vorangegangener Herstellungsschritte berechnet. Die Anzahl der zur Bestimmung der Mittelwerte heranzuziehenden Meßwerte kann zwischen einigen und zig Werten liegen. Bei dem unmittelbar auf das Einrichten der Ultraschallschweißvorrichtung folgenden Herstellungsschritt werden die beim Einrichten ermittelten Sollwerte verwendet.

Bei der Über- bzw. Unterschreitung der äußeren oder inneren Grenzwerte werden zweckmäßigerweise Fehlermeldungen erzeugt und die während des fehlerhaften Arbeitsablaufs gemessenen Werte für die nachfolgende Auswertung gespeichert.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen — für sich und/oder in Kombination —, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer Ultraschallschweißvorrichtung mit einem veränderbaren Verdichtungsraum,

Fig. 2 ein Fließbild eines mit der Vorrichtung gemäß Fig. 1 ausgeübten Verfahrens zum Verschweißen von insbesondere elektrischen Leitern und

Fig. 3 ein Zeitdiagramm eines typischen Verlaufs von Ist- und Sollwerten einer Ultraschallschweißvorrichtung gemäß Fig. 1 während der Herstellung von miteinander verschweißten Litzen in aufeinanderfolgenden Herstellungsschritten.

In Fig. 1 ist ein Ausschnitt einer Ultraschallschweißvorrichtung zum Verschweißen elektrischer Leiter dargestellt, soweit ein auf zu verschweißende Leiter einstellbarer Verdichtungsraum (10) betroffen ist. Dabei kann die Ultraschallschweißvorrichtung selbst grundsätzlich einer Konstruktion entsprechen, die dem Gerät RK 2000 oder Minic Automatic der Schunk Ultraschalltechnik GmbH, Wettenberg, entspricht.

Der Verdichtungsraum (10) weist im Ausführungsbeispiel einen rechteckigen Querschnitt auf und ist stirnseitig offen, um durch diesen die zu verschweißenden Leiter zu führen. Verdichtungsräume mit anderen Querschnitten sind selbstverständlich auch möglich, wie insbesondere mit einem trapezförmigen Querschnitt.

Der Verdichtungsraum (10) wird seitlich von Begrenzungsflächen (12), (14), (16) und (18) umschlossen, die einerseits von einem Abschnitt einer Sonotrode (20) und andererseits von einer mehrteiligen Gegenelektrode (22) wie Amboß begrenzt werden.

Die mehrteilige Gegenelektrode (22) umfaßt einen Schieber (24), der entlang der von der Sonotrode (12) zur Verfügung gestellten Begrenzungsfläche (12) verschiebbar ist und die seitliche Begrenzungsfläche (14) bildet. Die Bewegungsrichtung des Schiebers (24) ist durch den Pfeil (52) angedeutet. Dem Schieber (24) gegenüberliegend ist ein zweites Teil (26) der Gegenelektrode (22) angeordnet, welches parallel zur Begrenzungsfläche (14), also senkrecht zu Sonotrodenfläche (12) verschiebbar ist (S1). Das zweite Teil (26) nimmt einen als Nase zu bezeichnenden Abschnitt (28) verschiebbar auf, welche entsprechend dem Pfeil (S3) parallel zur Fläche (12) bewegbar ist.

Der von den Begrenzungsflächen (12), (14), (16) und (18) umschlossene Raum wird in Abhängigkeit von den jeweils zu verschweißenden Leitern verändert.

Der Verdichtungsraum (10) wird zum Kompaktieren der eingelegten Leiter, also zum Vorverdichten, auf ein zuvor festgelegtes Höhen-Breiten-Verhältnis eingestellt. Dies ist in Fig. 1 durch in den Verdichtungsraum eingezeichnete Rechtecke unterschiedlicher Größe symbolisiert.

Der Schieber (24) ist mit einem Antrieb (36), insbesondere einen pneumatischen oder hydraulischen Antrieb, verbunden, durch den der Schieber (24) in Richtung des Pfeils S2 und umgekehrt bewegbar ist. Das Teil (26) der Gegenelektrode (22) ist mit einem Antrieb (38) verbunden, der ebenfalls vorzugsweise als pneumatischer oder hydraulischer Antrieb ausgebildet sein kann.

Mittels des Antriebs (38) ist das Teil (26) in Richtung des Pfeils S1 und umgekehrt verschiebbar. Der Schieber (24) ist weiterhin mit einem Lagegeber (40) verbunden, mit dem die Stellung des Schiebers (24) in Bezug auf eine Ruhelage meßbar ist. Auch das Teil (26) ist mit einem Lagegeber (42) verbunden, mit dem die Stellung des Teils (26) in Bezug auf eine Ruhelage festgestellt werden kann.

Eine Steuereinrichtung (46), z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung ist mit den Lagegebern (40), (42), der Ultraschall abgebundenen Sonotrode (20) sowie mit nicht näher dargestellten Steuerelementen für die Antriebe (36), (38) verbunden. An die Steuereinrichtung (46) ist ein Monitor (48) angeschlossen.

Die Höhe (h) und/oder die Breite (b) des Vorverdichtungsraums (10) wird mittels zumindest eines Lagegebers, im Ausführungsbeispiel von den Lagegebern (40), (42) erzeugt und von der Steuereinrichtung (46) ausgewerteten Meßwerten bestimmt. Verschiedenen Querschnitten bzw. unterschiedlichen Höhen oder Breiten des Verdichtungsraums (10) sind verschiedene Parameter zugeordnet, die mit der Ultraschallschweißvorrichtung zum Schweißen der Leiter eingestellt werden. Es handelt sich um Schweißparameter wie Schweißenergie, Schweißamplitude, Schweißzeit und Schweißdruck.

Während des Schweißens wird insbesondere die Höhe (h) des Verdichtungsraums (10) verändert, wobei die Breite (b) gleich bleibt, da z. B. nach dem Abschluß einer auf die Leiter ausgeübten Vorverdichtung der Schieber (24) arretiert wird.

Mit dem Teil (26) kann auch ein Kraftsensor (50) verbunden sein, mit dem die auf die in den Verdichtungsraum (10) eingelegten Leiter mittels des Teils (26) ausgeübte Kraft gemessen wird. Der Kraftsensor ist ebenfalls an die Steuereinheit (46) angeschlossen. Selbstverständlich kann auch eine indirekte Messung durch Druckregelung erfolgen.

Mit der oben beschriebenen Vorrichtung werden die in den Verdichtungsraum (10) eingelegten Leiter kompaktiert, indem der Schieber (24) und das Teil (22) so bewegt werden, daß der Querschnitt des Vorverdichtungsraums (10) reduziert wird. Kräfte für die Einstellung des Querschnitts werden von der Steuereinheit (46) über an die Antriebe (36), (38) ausgehende Signale ausgelöst, wobei der jeweils sich einstellende Querschnitt des Vorverdichtungsraums mittels der von den Lagegebern (40), (42) erzeugten Meßwerte von der Steuereinheit (46) bestimmt wird.

Der Querschnitt bzw. die Höhe oder die Breite des Vorverdichtungsraums (10) am Ende oder nach Beendigung der Vorverdichtung ist demnach ein Maß für den Grad der Vorverdichtung, d. h. die Geometrie des Vorverdichtungsraums kann als Vorverdichtungsmaß oder Kompaktiermaß verwendet bzw. ausgewertet werden. Da z. B. nur die Breite (b) und/oder die Höhe (h) des

Vorverdichtungsraums (10) veränderbar sind, läßt sich der Querschnitt schnell und einfach bestimmen.

Wenn ein Kraftsensor (50) vorhanden ist, kann auch die auf die Leiter ausgeübte Kraft als Vorverdichtungsmaß verwendet werden.

Während des Schweißvorgangs wird der Querschnitt grundsätzlich nur die Höhe oder die Breite des Vorverdichtungsraums erneut verändert, wobei der bei oder nach Beendigung des Schweißens vorhandene Querschnitt ein Maß für die Qualität der Schweißung der Leiter ist.

Da das Kompaktiermaß und das Schweißmaß mittels Stellgliedern wie des Schiebers bzw. des Teils (26) einstellbar sind, werden in die Steuereinheit (46) entsprechende Sollwerte eingegeben. Weiterhin werden in die Steuereinheit (46) feste obere und untere Grenzwerte für die Kompaktiermaße und Schweißmaße eingegeben. Diese Grenzwerte werden als äußere Grenzwerte bezeichnet. Weitere Grenzwerte, die im folgenden als innere Grenzwerte bezeichnet werden und die jeweils eine obere und eine untere Grenze für das Kompaktiermaß und/oder das Schweißmaß bei der Herstellung von verschweißten Leitern festlegen, werden mit der Steuereinheit (46) bestimmt.

Mit der oben beschriebenen Vorrichtung wird das folgende in Verbindung mit dem Fließschema der Fig. 2 beschriebene Verfahren ausgeübt.

In einem ersten Schritt (52), der in Fig. 2 mit "Start" bezeichnet ist, wird die Ultraschallschweißvorrichtung in Gang gesetzt. Danach wird in einem Schritt (54) eine bestimmte Litzenkombination in den Verdichtungsraum (10) eingelegt. Anschließend wird in einem Schritt (56) der Herstellungsprozeß für die verschweißten Leiter gestartet. Danach wird in einem Schritt (58) der Verdichtungsraum (10) geschlossen, indem der Schieber (24) und das Teil (26) in Richtungen, die durch die Pfeile (S2) und (S1) bezeichnet sind, angetrieben bzw. bewegt werden. In Fig. 2 ist der Schritt (58) mit "Werkzeuge schließen" bezeichnet.

Während des Schritts (58) oder danach wird ein Ultraschallimpuls oder eine Folge davon erzeugt, um die Leiter stärker zu kompaktieren. Hierdurch erfolgt im eigentlichen Sinne eine Vergleichmäßigung des Kompaktierens (Schritt (60)). Nach dem Kompaktieren wird in einem anschließenden Schritt (62) das Kompaktiermaß aus der Geometrie des Verdichtungsraums, der durch die Kenntnis der Breite und/oder Höhe oder einer anderen spezifischen Größe bestimmt wird, ermittelt. Es folgt ein Schritt (64), in dem das ermittelte Kompaktiermaß zuerst mit einem oberen und einem unteren äußeren Grenzwert verglichen wird.

Der obere und der untere äußere Grenzwert werden beim Einrichten der Ultraschallschweißvorrichtung bestimmt. Die Grenzwerte legen die äußeren Grenzen für die Preßmaße fest. Danach wird das Kompaktiermaß mit einem oberen und unteren "inneren" Grenzwert verglichen. Der obere und der untere "innere" Grenzwert werden aus dem Sollwert des Preßmaßes zuzüglich eines ersten Toleranzwerts und abzüglich eines zweiten Toleranzwerts bestimmt. Die Toleranzwerte müssen dabei nicht gleich groß sein.

Wird ein oberer äußerer oder innerer Grenzwert überschritten oder ein unterer äußerer oder innerer Grenzwert unterschritten, dann folgt ein Schritt (66), in dem eine optische und/oder akustische Fehlermeldung erzeugt wird, was zu einem Schritt (68) führt, in dem die Werkzeuge geöffnet werden, so daß das Herstellungsverfahren nicht mehr fortgesetzt wird. Die Leiter kön-

nen aus der Ultraschallschweißvorrichtung herausgenommen werden. Mit dem Öffnen der Werkzeuge oder danach wird der Fehler in einem Schritt (70) in eine Statistik eingeschrieben, die in einer Datei in der Steuereinheit (46) vorhanden ist. Bevor die Ultraschallschweißvorrichtung wieder starten kann, muß in einem Schritt (72) der Fehler quittiert werden bzw. bei Überschreiten der äußeren Grenzen der Prozeß überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Wenn das Kompaktiermaß innerhalb der durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereiche liegt, dann folgt ein Verfahrensschritt (74), in dem aus Kompaktiermaßen, die in vorausgegangenen n-Herstellungsvorgängen bzw. -schritten gemessen und abgespeichert werden und dem gerade bestimmten Wert ein neuer Sollwert für das Kompaktiermaß bestimmt wird. In diese Kompaktiermaße ist das Kompaktiermaß des gerade ablaufenden Herstellungsvorgangs daher einbezogen. Der Sollwert wird z. B. als arithmetischer Mittelwert für die Prüfung des nächsten Herstellungsvorgangs verschweißter Leiter bestimmt. Die Zahl n beläuft sich z. B. zwischen 3 und 50. Nach dem Einrichten der Ultraschallschweißvorrichtung, wenn noch kein Kompaktiermaß gemessen oder bestimmt wurde, wird das Einrichtmaß als Sollwert vorgegeben.

Auf den Schritt (74) folgt ein Schritt (76), in dem die Schweißung ausgeführt wird. Während dieses Schritts stellt die Steuereinheit (46) bzw. -einrichtung die zugeordneten Schweißparameter wie Schweißenergie, Schweißamplitude, Schweißzeit und Schweißdruck ein. Die Schweißparameter werden während des folgenden, in Fig. 2 mit Energieregulierung bezeichneten Schritts (78) aufrechterhalten. Nach dem Schritt (78) wird im Schritt (80) geprüft, ob die für die Energiezuführung vorgesehene Zeit überschritten wird. Mit dem Schritt (78) wird nämlich auch ein Zeitglied angestoßen. Ist die zulässige Zeit überschritten, wird auf den Schritt (66) übergegangen.

Ist die Zeitgrenze für die Energiezuführung eingehalten worden, dann wird auf einen Schritt (82) übergegangen, in dem das Schweißmaß ermittelt wird. Das Schweißmaß ist, wie oben angegeben, die bei oder nach dem Ende des Schweißvorgangs gemessene Geometrie mit Höhe und/oder Breite des Vorverdichtungsraums (10), der während des Schweißens verändert wird.

Die Bestimmung des Schweißmaßes geschieht wie die Bestimmung des Kompaktiermaßes mittels der von den Lagegebern (40), (42) erzeugten Meßwerte. Es folgt ein Schritt (84), in dem das ermittelte Schweißmaß mit Grenzwerten verglichen wird. Vorgegeben sind ein oberer und unterer "äußerer" fester Grenzwert. Die beiden festen äußeren Grenzwerte werden beim Einrichten der Ultraschallschweißvorrichtung bestimmt. Weiterhin wird das Schweißmaß mit einem oberen und unteren "inneren" Grenzwert verglichen. Die inneren Grenzwerte werden aus den Sollwerten des Schweißmaßes zuzüglich eines ersten Toleranzwertes und abzüglich eines zweiten Toleranzwertes bestimmt. Wird ein oberer Grenzwert vom ermittelten Schweißmaß überschritten oder ein unterer Grenzwert unterschritten, dann wird als nächster Schritt der Schritt (66) ausgeführt. Die Toleranzwerte müssen nicht gleich groß sein.

Liegt das Schweißmaß innerhalb der durch die äußeren und inneren Grenzwerte eingeschlossenen Bereiche, dann wird das Herstellungsverfahren mit einem Schritt (86) fortgesetzt, in dem ein neuer Sollwert für das Schweißmaß aus n Werten als arithmetischer Mittelwert berechnet wird. Die n Werte beziehen sich auf

den zuletzt festgestellten Wert und die in den vorausgegangenen Herstellungsschritten festgestellten Schweißmaße. Nach der Berechnung und Abspeicherung des neuen Sollwerts wird im folgenden Schritt (88) die Ultraschallvorrichtung durch Öffnen der Werkzeuge, d. h. durch das Öffnen des Vorverdichterraums (10) für die Entnahme des Schweißprodukts freigegeben. In einem weiteren Schritt (90) wird die ausgeführte Schweißung in einem die Anzahl einwandfreier Schweißungen angehenden Zähler berücksichtigt. Die bei der Schweißung vorhandenen Parameter werden in eine Statistikdatei eingeschrieben.

Das Herstellungsverfahren ist damit abgeschlossen, was in Fig. 2 mit dem Schritt (92), der mit "Ende" bezeichnet ist, angedeutet ist. Ein neues Herstellungsverfahren beginnt nach der Entnahme des Schweißprodukts bei betriebsbereiter Ultraschallschweißvorrichtung mit dem Schritt (54).

Die Fig. 3 zeigt beispielhaft mehrere in verschiedenen Herstellungsschritten, die jeweils mindestens die Schritte (54) bis (90) umfassen, bestimmte Kompaktiermaße in Abhängigkeit von der zeitlichen Durchführung der Schritte. Die Werte der Kompaktiermaße  $K$  sind in Ordinateenrichtung aufgetragen, während die Anzahl  $n$  der Kompaktierungen in Abszissenrichtung dargestellt ist. Die Kompaktiermaße (94), (96), (98), (100), (102), (104), (106), (108), (110) sind als Istwert dargestellt und können durch eine gemittelte Kurve (112) miteinander verbunden werden. Ein äußerer oberer Grenzwert (114) und ein äußerer unterer Grenzwert (116) sind als Vergleichswerte durch Einrichtung der Maschine bestimmt und konstant. Aus den arithmetischen Mittelwerten von  $n$  Kompaktiermaßen ( $n$  z. B. 3 ... 50), die in aufeinanderfolgenden Herstellungsschritten bestimmt werden, werden mittels eines Toleranzmaßes, das den Mittelwerten hinzugefügt oder von diesen subtrahiert wird, eine innere, obere Grenze (118) und eine untere innere Grenze (120) bestimmt, deren jeweilige dem gleichen Zeitpunkt wie die Kompaktiermaße zugeordneten Werte bestimmt und mit diesen verglichen werden. Ein Sollwert (122) wird zu Beginn des Verfahrens durch das Einrichten der Maschine eingestellt. Mit der Verwendung der inneren Grenzwerte können Fehler trotz Langzeitflüsse auf das Herstellungsverfahren besser erkannt werden.

Das obige Verfahren erlaubt eine fortlaufende Überprüfung der Herstellungsprozesse von verschweißten Leitern bzw. Litzen. Die Herstellungsprozesse werden durch die Steuereinrichtung (46) gesteuert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern, insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- oder Endknoten von Litzen, mittels Ultraschall in einem an die Leiter anpaßbaren Verdichtungsraum (10), wobei die zu verschweißenden Leiter zunächst kompaktiert und sodann verschweißt werden, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Kompaktierung der Leiter ein die Größe der Kompaktierung repräsentierender Wert gemessen oder aus Meßwerten bestimmt und wenigstens mit einem oberen und einem unteren, auf einen Sollwert bezogenen Grenzwert verglichen wird, daß bei einem Wert, der außerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs liegt, die Schweißung nicht ausgeführt und bei einem Wert, der innerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs

liegt, der Wert mit bei vorherigen Arbeitsgängen bestimmten Werten zu einem neuen Sollwert für die Überprüfung nachfolgender Kompaktierarbeitsgänge verrechnet wird und die Schweißung ausgeführt wird und/oder daß ein bei oder nach Beendigung der Schweißung vorhandener Wert wenigstens einer für den Schweißvorgang repräsentierender Größe gemessen oder aus Meßwerten bestimmt und wenigstens mit einem oberen und einem unteren auf einen Sollwert bezogenen Grenzwert verglichen wird und daß bei einem außerhalb des durch die Grenzwerte eingeschlossenen Bereichs liegenden Wert ein Fehler angezeigt und bei einem innerhalb dieses Bereichs liegenden Wert dieser mit bei vorherigen Arbeitsgängen bestimmten Werten zu einem neuen Sollwert für die Überprüfung nachfolgender Schweißarbeitsgänge verrechnet wird.

2. Verfahren insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter während der Kompaktierung mit Ultraschall beaufschlagt werden, dessen Stärke geringer als die für eine Verschweißung erforderliche Stärke ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Größe der Kompaktierung maßgebliche Wert der Querschnitt des Verdichtungsraums nach Beendigung der Kompaktierung oder ein dem Querschnitt proportionaler Wert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Schweißvorgang maßgebliche Größe der Querschnitt des Verdichtungsraums bei Beendigung des Schweißens oder eine dem Querschnitt proportionale Größe ist.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der bei oder nach Beendigung der Kompaktierung gemessene oder aus Meßwerten bestimmte Wert und/oder der bei oder nach Beendigung der Schweißung gemessene oder aus Meßwerten bestimmte Wert mit einem fest vorgegebenen oberen und einem unteren Grenzwert und mit einem weiteren oberen und einem unteren Grenzwert verglichen werden, der sich jeweils aus dem im jeweiligen Arbeitsgang gültigen Sollwert für die Kompaktierung bzw. Schweißung zuzüglich eines zulässigen positiven oder negativen Toleranzwertes zusammensetzt.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwerte vorzugsweise als arithmetische Mittelwerte aus mehreren Werten vorangegangener Herstellungsschritte berechnet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl  $n$  der Werte, die aus vorangegangenen Herstellungsschritten für die Sollwertbestimmung verwendet werden, vorzugsweise zwischen 3 und 50 liegt.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer des Anstehens der Schweißparameter während der Schweißung mit einer vorgegebenen Zeitdauer verglichen wird und daß bei Überschreitung der vorgegebenen Zeitdauer eine Fehlermeldung erzeugt wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fehlermeldung in einer Statistikdatei ge-

speichert bzw. berücksichtigt wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Werten über die Kompaktierung und Schweißung, die innerhalb der oberen und unteren Grenzwerte liegen, der Schweißvorgang in einer Statistikdatei gespeichert bzw. berücksichtigt wird und daß die Schweißparameter gespeichert werden.

10

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

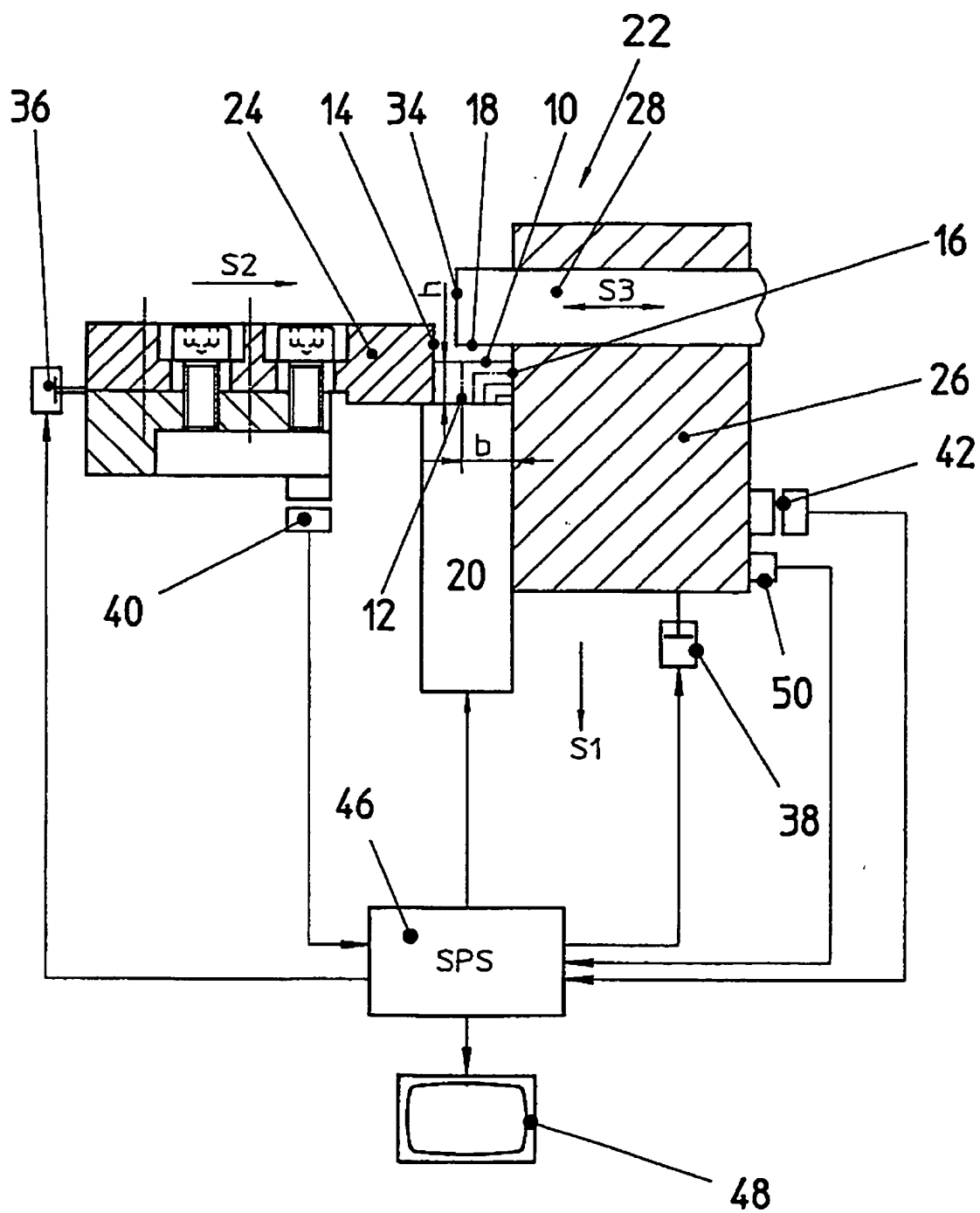
60

65

- Leerseite -

This Page Blank (uspto)

Fig. 1





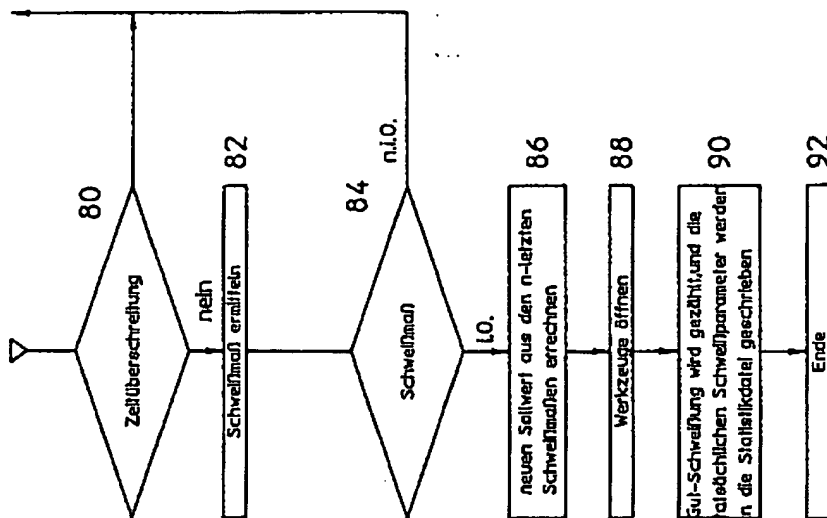


Fig.2

Ablauf einer Schweißung mit Qualitätsüberwachung, Vorschall und dynamischer Sollwertanpassung

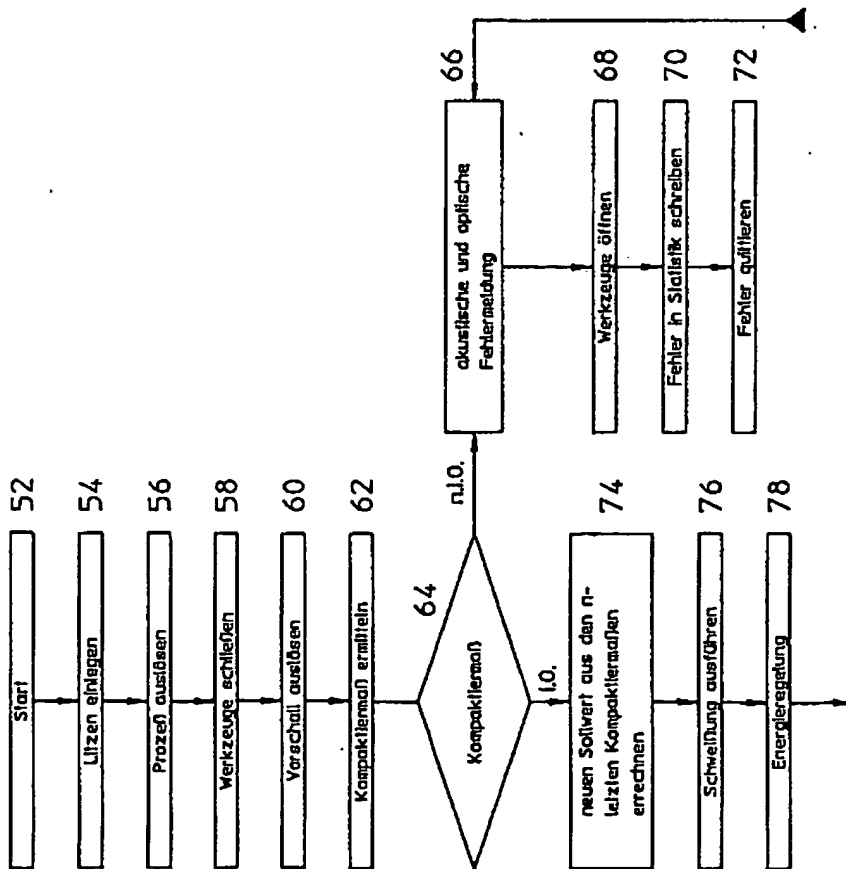


Fig.3

